编者按：在美味食物丰富的当今社会，限制性饮食和食物渴求现象十分普遍，且与人们的身心健康密切相关，例如可能引发饮食失调、肥胖等健康问题，引起国际心理学界的广泛关注。本期主编特邀文章介绍了中国人限制性饮食和食物渴求的认知神经机制，归纳中国文化背景下的限制性饮食和食物渴求认知神经表现的研究，对这些结果的研究对象、方法、创新和进展等方面进行有意义的论述，并在此基础上对该领域未来研究和应用提出展望。作者陈红教授及其团队多年来一直从事身体自我和饮食行为研究，在对中国人限制性饮食和食物渴求的探讨上取得了一系列研究成果，并推进该领域在国际上的进展。

中国人限制性饮食和食物渴求的认知神经机制[1]

陈红　刘馨元

（西南大学心理学部，认知与人格教育部重点实验室，重庆 400715）

摘要　物质丰富的时代，如何抵御美味食物线索带来的食物渴求，并限制饮食从而保持健康成为人们关注的重要话题之一。近年来，国内学者为了探讨节食成功的原因，创建中国食物图片库，考察限制性饮食的认知神经机制，以及成功和失败限制性饮食者的脑机制差异；开展了特质食物渴求及中国特色的辣食渴求的认知神经研究。对推进饮食行为研究的理论发展，也为肥胖、饮食失调等健康干预工作提供重要支持。

关键词 限制性饮食，成功限制性饮食者，失败限制性饮食者，食物渴求，辣食渴求

1 引言

中国的饮食文化源远流长，俗语“民以食为天”反映出中国人对于饮食的重视。饮食行为与每一个人的生活息息相关，科学饮食对人们的身心健康有着至关重要的作用。随着社会的进步和发展，美味食物随处可见，同时人们对自身形象和健康的要求不断提高。一方面，现代富足社会中，食物既美味可口又方便获得，因此人们往往容易被美味食物吸引而产生食物渴求；另一方面，为了健康管理，以及塑造和维持苗条的身材，大量以年轻女性为主的群体采用限制性饮食的方式来减少进食。在当前中国社会中，食物渴求和限制性饮食现象十分普遍，且与人们的健康密切相关。例如，食物渴求可能导致暴食和肥胖（Zhou et al., 2019），

收稿日期：2020–12–7

[1]国家自然科学基金项目(31771237)；国家自然科学基金（31170981）；国家自然科学基金（30870774）；中央高校基本科研业务费专项资金创新团队项目(SWU1709106)资助。

通讯作者：陈红，E-mail: chenhg@swu.edu.cn

限制性饮食可能诱发厌食症，或反向发展为去“抑制进食”即反而吃更多（王邵睿, 陈红, 2019；Schaumberg et al., 2016）。因此，关注中国人食物渴求和限制性饮食的认知神经机制具有十分重要的理论价值和现实意义。食物渴求和限制性饮食的研究最早在西方兴起，但是由于饮食受地域和文化影响较大，西方研究结论以及采用的食物材料未必适合中国人。中国食物图片库的建立为开展中国饮食行为研究提供了方法上的支持和依据（Kong et al., 2015）。近几年，国内学者进行一系列研究考察了中国人限制性饮食的认知特征和神经机制，探索一般食物渴求脑机制的同时，开展有中国区域特色的辣食渴求研究。这些成果不仅在中国文化背景下系统探讨了中国人饮食行为的认知神经机制，同时进一步推进该研究领域在国际上的发展。

2 限制性饮食

限制性饮食（restrained eating，RE）是指为了减肥或保持体重而节食的倾向，通常表现为摄入低卡路里食物、流食，以及间歇性禁食/断食等（Polivy et al., 2020）。一些研究认为限制性饮食可以实现减少食物摄入、减轻体重的目的；相反，大量研究发现限制性饮食者（restraint eaters，REs）无法长期控制饮食，甚至比非限制性饮食者（non-restraint eaters，NREs）表现出更多的（高热量）食物摄入，即去抑制进食。研究者们将后者现象称为限制性饮食的反调节作用（Zhang et al., 2019）。限制性饮食对食物摄入的影响是正向还是反向的，研究者们仍然存在争议。目前，大多数认知神经证据支持反向调节的观点。此外，限制性饮食者可以区分为成功和失败两类，成功的限制性饮食者对应着饮食控制行为，而失败的限制性饮食者则对应着去抑制进食。

2. 1 限制性饮食者的反向调节

限制性饮食者（REs）通常面临着享受美食和控制体重两种目标的冲突，且往往美食当前时，会忽略节食或变瘦的目标。神经成像研究也发现，REs 抑制控制脑区激活较弱，而奖赏脑区激活程度更强。这些结果从认知神经机制的角度解释了限制性饮食的反调节作用，即为什么大多数节食者更容易表现出“反而吃更多”的去抑制进食行为。

2. 1. 1 享受美食-控制体重冲突

饮食的目标冲突模型认为，节食者通常面临两个相互矛盾的目标：享受美食与控制体重（Stroebe et al., 2013）。由于现在社会中接触大量美食信息，REs 更容易激活享受美食目标、抑制控制体重目标，从而导致去抑制进食和不健康饮食行为。即面临两种目标冲突时，REs 对享受美食目标表现出更多注意偏好和较弱的抑制控制能力。目标冲突模型在行为和神经表现上都得到了证据支持。首先，在行为上，为了直接考察 REs 在享受美食和控制体重两种

目标冲突下的抑制控制，我们的研究采用创新的图片-词语干扰范式，将食物信息和身材信息同时呈现，形成直观的目标冲突。结果发现食物信息冲突条件下，年轻女性 REs 比身材信息冲突条件下反应时更长、错误率更高。即相比于身材信息，限制性饮食的女性更偏好食物信息，可以理解为对美食信息加工自动化，且抑制控制过程参与度较低（Chen et al., 2019）。其次，在神经表现上，事件相关电位（ERP）的研究也发现了 REs 的抑制控制和饮食行为之间存在直接关联。例如，在食物 go/no-go 任务中，发现食物暴露条件下 REs 抑制控制能力减弱。即与非限制性饮食者相比，REs 的额叶和额叶中央区与食物相关的 no-go N2a 波幅较小。此外，与基线相比，食物暴露后 REs 的 no-go P3 波幅显著增加，而 UREs 没有表现出差异（Zhou et al., 2018）。N2 和 P3 是抑制控制研究的常用指标。其中，N2a 与抑制控制控制有关（Pires et al., 2014），表明 REs 对食物信息的抑制控制能力降低；而 P3 与加工强度有关（Chen et al., 2018），食物暴露后 P3 波幅增加，表明 REs 需要分配更多注意资源到对食物信息的抑制控制中。

以上研究从行为和生理层面支持了饮食的目标冲突模型，进一步推动了 REs 抑制控制的研究进展。例如，通过实验范式的方法创新直接比较 REs 在享受美食和控制体重两种目标冲突条件下的认知控制表现（Chen et al., 2019）；采用 ERP 技术识别 REs 抑制性控制降低的可能神经标志物（Zhou et al., 2018）。为理解为什么许多限制性饮食者表现出去抑制进食行为提供了证据。

2.1.2 奖赏-控制脑区

在检验享受美食-控制体重冲突的行为和 ERP 研究中，主要从抑制控制的角度支持目标冲突模型。但是，由于实验范式和测量指标的限制，导致无法直接考察食物信息是否以及如何诱发 REs 享乐目标。因此，神经影像学研究通过考察大脑区域激活，不仅进一步支持了 REs 抑制控制能力降低，同时也发现了食物奖赏性提高和奖赏脑区改变的相关证据，为限制性饮食的反调节作用提供了一个新的解释视角。

限制性饮食的神经成像研究大多采用功能磁共振成像（fMRI），在任务态中考察 REs 的大脑活动。总体而言，与非限制性饮食者（NREs）相比，REs 在奖赏相关脑区（如，脑岛和眶额皮层[OFC]）有更强的神经激活，与抑制控制相关的脑区（如，背外侧前额叶[dlPFC]和前扣带回[ACC]）激活减少（Wang et al., 2016）。例如，在食物信息和中性信息的 oddball 任务中，当对高热量食物图片进行反应时，REs 比 NREs 反应更快，在奖赏（脑岛，OFC）、注意（额上回）和视觉加工（颞上回）相关脑区的激活增强，但是抑制控制脑区（ACC）激活下降。REs 对低热量食物的反应时最长，在低热量食物-中性图片对比条件下，注意和

视觉加工相关脑区的激活明显强于 NREs（Wang et al., 2016）。表明虽然 REs 对食物信息都具备较高的敏感性，但是他们对高热量食物具有注意偏向，而对低热量食物则表现为更多的注意资源分配。此外，由于冲动控制需要认知资源，并且是体重控制和体重波动的重要行为关联（Weygandt et al., 2015），因此不应忽视与冲动控制有关脑区对 REs 饮食行为的影响。我们采用巧克力延迟折扣任务考察女性 REs 冲动行为的神经关联，发现 REs 在纹状体和 dlPFC 激活增强。同时，右侧纹状体激活与奖赏系统呈正相关，左侧 dlPFC 与纹状体激活正相关，表明 REs 冲动脑区（纹状体）是对食物奖赏脑区的补充（Dong et al., 2015）。因此，在食物相关任务中，REs 大脑激活模式主要表现为奖赏脑区激活增强，而抑制控制脑区激活降低。此外，注意、视觉和冲动相关脑区的激活也表明了食物信息对 REs 具有更强烈和难以抑制的吸引力。

静息态功能磁共振成像（rs-fMRI）是测量没有执行明确任务时，人们大脑 BOLD 信号的自发活动（Stopyra et al., 2019）。我们的系列研究发现，当缺乏食物线索时，REs 在奖赏和注意脑区也表现出更强的激活，而抑制控制脑区则表现出自发活动减少。首先，研究者（Dong et al., 2014）使用区域同质性（ReHo）发现 REs 在与奖赏（OFC）、注意（舌回、楔状体、顶下小叶）和身体感知功能（即中央旁小叶、前岛叶）相关的脑区中显示出较多 ReHo 激活。第二，研究者（Dong et al., 2015）采用 ReHo 分析方法，发现年轻女性 REs 在食物奖赏脑区（OFC/腹内侧前额叶[vmPFC]）表现出更多激活，抑制控制脑区（dlPFC）自发活动减少。第三，研究者（Chen et al., 2016）通过体素镜像同位体连通性（VMHC）考察大脑半球之间的相互作用，评估了 REs 的抑制控制和奖赏系统之间的功能协调。发现与 UREs 相比，女性 REs 表现出 dlPFC 的 VMHC 降低，右侧前额叶和 ACC 功能连接改变。这种抑制控制区域大脑半球间功能连接降低和奖赏相关区域功能连接改变有助于解释 REs 无法控制享乐目标而采取进食行为，并表现出更高水平的暴食症状。以上静息态 fMRI 结果表明，限制性饮食者在奖赏-抑制脑区的自发神经活动也发生了改变，即在食物相关任务 fMRI 研究中观察到的大脑激活模式在无食物信息刺激的条件下仍然存在。

此外，大脑结构的改变也是解释限制性饮食及其反调节作用的一个重要的潜在神经机制。一些研究考察了饮食行为与大脑结构变化之间的关系，主要表现在奖励脑区的灰质体积（GMV）较高，而涉及抑制控制的脑区 GMV 较低。例如，采用三因素饮食量表发现，去抑制进食与左侧额中回 GMV 负相关，限制性饮食与壳核 GMV 呈负相关、与 dlPFC（Yao et al., 2016）和右侧楔前叶 GMV 正相关（Song et al., 2019）。此外，采用限制性饮食量表发现，较高 RE 水平与 OFC 和左侧岛叶 GMV 正相关、与双侧后扣带回 GMV 负相关（Su et al., 2017）。

这些结果表明，限制性饮食和去抑制进食相关的大脑结构变化可能导致抑制控制功能降低和食物敏感性的增加。

综上所述，任务态、静息态和结构态 fMRI 结果进一步支持了 REs 认知神经机制改变。与行为和 ERP 结果一致，fMRI 研究中也发现了 REs 与抑制控制脑区激活降低、灰质体积减少相关。此外，脑成像结果还发现了 REs 在奖赏脑区激活增强、灰质体积增加。总的来说，这些神经成像研究强调了 REs 如何增强食物线索的奖赏价值、降低抑制控制能力，从而增加 REs 在食物丰富环境中忽略体重控制目标、采取去抑制进食的风险。

2. 2 成功和失败限制性饮食者的认知神经表现差异

虽然大多数 REs 通常无法长期保持节食，甚至表现出去抑制进食，但是也存在一些 REs 可以比较稳定地维持减少热量摄入的目标，因此研究者们根据 REs 的行为表现将其分为亚型——成功的限制饮食者（SREs）和失败的限制饮食者（UREs）（Polivy et al., 2020）。根据目标冲突模型，UREs 通常为了满足享受美食目标去破坏控制体重目标，表现出去抑制进食行为；SREs 则优先考虑控制体重目标，从而即使在食物丰富的环境中也能减少热量摄入、保持体重（Keller & Siegrist, 2014）。

成功和失败的限制性饮食者的认知神经差异主要表现在注意偏向和冲突控制，研究者从行为、眼动、脑电和神经成像等方面进行考察。首先，在注意偏向方面，成功和失败的限制性饮食者之间存在差异，并表现出显著的食物信息加工的能量效应，即 UREs 比 SREs 对高热量食物表现出更多注意偏好。例如，对食物信息注意偏向的眼动追踪研究发现，SREs 对高热量食物表现出早期的注意警觉和总体的注意回避；而 UREs 对高热量食物表现出早期的注意警觉、回避和总体的注意维持，即 UREs 对高热量食物信息注意更多（张雪萌等，2016）。

其次，在冲突抑制方面，由于大量注意资源投入到美味食物信息，研究者们认为 UREs 比 SREs 在食物选择任务中经历的享受美食-控制体重两种目标之间的冲突更少。已有一些眼动、ERP 和神经成像研究考察 UREs 和 SREs 的冲突控制差异。例如，在眼动研究中，通过比较选择食物时的反应时和目光转换指标，发现 UREs 比 SREs 反应更快、目光转换更少，即经历更少冲突（Zhang et al., 2019）。这种认知冲突差异的神经基础已经得到了来自 rs-fMRI 和 ERP 的证据支持。例如，UREs 比 SREs 在抑制控制脑区（顶下叶）ReHo 降低；冲突监控脑区（前扣带皮层）激活降低；冲突监测和抑制控制脑区（尤其额顶叶网络）的关联性较弱（Zhang et al., 2020）。ERP 研究也支持了成功和失败 REs 在冲突监控和抑制控制上的差异，即在食物 go/no-go 任务中，SREs 的 no-go N2a 波幅大于 UREs（Liu et al., 2020）。

此外，我们进一步探讨了消极情绪对 UREs 和 SREs 冲突控制的影响。例如，在食物

go/no-go 任务中，与中性情绪状态相比，SREs 和 UREs 在消极情绪状态下都诱发更大的 N2a 波幅，表明消极情绪状态可能干扰人们的冲突监测和抑制控制能力。此外，在消极情绪状态下，只有 SREs 的 no-go P3 波幅显著降低，表明 SREs 对食物的抑制控制能力可能增强，因此 SREs 即使在消极情绪状态下也可能抑制外界食物线索带来的进食欲望，而 URE 则无法抑制食欲（Liu et al., 2020）。可见，消极情绪影响了成功和失败限制性饮食者的冲突控制，并表现出不同的抑制控制能力。

因此，成功和失败的限制性饮食者的认知神经表现差异或许可以解释他们的节食行为是否成功，具体表现为在行为和神经指标上，即 UREs 比 SREs 对高热量食物有更多注意偏好，且冲突监测和抑制控制能力较弱。同时，消极情绪也是干扰节食成功的关键因素之一。

3 食物渴求

食物渴求（food craving）是一种想要摄入特定食物（或食物类型）的强烈欲望，几乎每个人都曾体验到一种或者多种的食物渴求（Kober & Mell, 2015）。虽然与酒精等具有危害后果的物质渴求相比较，食物渴求属于相对良性的现象，但也会在一定程度上影响健康，例如预测暴食行为和体重变化（Kober & Boswell, 2018）。除了一般食物渴求，国际上研究者开始探讨某些特定食物渴求，主要集中在甜食渴求（Meule & Hormes, 2015）、碳水化合物渴求（Ma et al., 2017）等。中国饮食文化中辛辣食物是一种主要的食物类型，“嗜辣”也是一种区域性普遍现象，国内研究者开始探讨辣食渴求的行为表现和认知神经机制。

3. 1 食物渴求的认知神经研究

根据是否与暂时生理需求（如，饥饿）有关，食物渴求可以区分为状态和特质，心理学研究中通常考察特质食物渴求的认知表现。特质食物渴求问卷（FCQ-t；如“我感觉我脑子里时时刻刻都想着食物”，“有时，吃东西让一切显得完美”等）可以测量人们在行为、认知和生理方面对一般食物渴求的特质反映（Hormes & Meule, 2016）。

在认知表现上，高食物渴求者比低渴求者对食物有更强的自动接近倾向（Brockmeyer et al., 2015）；食物渴求和特质冲动共同影响人们对食物信息的抑制控制能力（Meule & Kubler, 2014）；接触到食物线索会导致食物渴求者抑制控制能力减弱（Jones et al., 2018）。

然而，我们对食物渴求的神经机制仍然知之甚少。许多证据表明，食物和药物奖励有相似的神经基础（Noori et al., 2016），一般物质渴求相关的 fMRI 研究发现，海马、脑岛和尾状核的特异性激活与强烈渴求有关。在此基础上，近期一项静息态 fMRI 研究考察与食物渴求相关脑区的自发神经活动。在年轻健康女性中，采用 ReHo 分析评估大脑自发活动的时间

同步性，发现食物渴求与情绪记忆（海马旁回）和视觉注意处理（梭状回）ReHo 激活正相关（Chen et al., 2017）。其中，梭状回与食物视觉属性加工有关，其激活增加符合视觉食物线索在日常食物渴求中的中心作用。此外，海马旁回参与享乐学习和激励记忆编码，其激活增加表明，高特质渴求个体可能表现出更高的进食享受、对美食线索的自动反应，以及对可口食物的更频繁的回忆；而更频繁地回忆曾经品尝过的食物可能会加强情绪记忆，并促进对美味食物的记忆编码。

因此，特质食物渴求可能是由海马旁回自发活动增强的记忆回路编码的，即强化的享乐记忆可能会使对美食的强烈渴望凌驾于体重控制目标之上。该结果与以往物质渴求研究结果一致，表明物质渴求亚型之间具有一定的相似性。

3. 2 辣食渴求的认知神经研究

以往对特定食物渴求的脑成像研究相对集中在甜食渴求等，例如巧克力渴求者和非渴求者在 OFC、ACC 和腹侧纹状体对甜食的反应存在差异（Rolls & McCabe，2007）。不同于对其他美味食物（如，甜食）的普遍喜爱，人们对辣食的态度跨度较大——从渴求到厌恶（Tepper et al., 2004），因此辣食渴求者的认知神经表现应不同于其他特定食物渴求者。此外，其他食物渴求大多危害身体健康，如甜食摄入过度会引发肥胖及其并发病症。然而辣椒素具有多种药理作用，如增加能量消耗（Ludy & Mattes，2011）、具有抗菌活性、影响肠道微生物群（Qin et al., 2014），与癌症、缺血性心脏病和呼吸系统疾病等引起的死亡率呈负相关（Lv et al., 2015）。与此同时，中国辛辣食品的消费量较大，尤其在西南地区，人们普遍“嗜辣”，且辛辣食品消费率正在上升，超过 30%的成年人每天都会食用辛辣食物（Sun et al., 2014）。因此，研究辣食渴求现象不仅可以进一步了解食物渴求背后的机制，也有助于提高公众健康。

为了考察中国人辣食渴求的认知神经机制，我们编制了中国文化背景下的辣食渴求问卷（周一舟，2018），并展开一系列辣食渴求的神经机制研究。首先，在一项 fMRI 研究中采用食物线索反应任务，初步探索辣食渴求者的行为反应和神经回路。行为结果表明，辣食渴求者比非渴求者对辛辣食物的反应更快。脑成像结果发现，当暴露于含辣椒和不含辣椒的食物时，辣食渴求者都比非渴求者在与食物和成瘾物质线索反应有关的脑区中表现出更高的激活，具体表现为奖赏（如，脑岛、壳核）、抑制控制（如，ACC）、视觉注意（如，顶下小叶、舌回、楔前叶、梭状回）相关脑区激活增强。同时，在辣食渴求者中，这些脑区（如，脑岛、壳核 ACC、楔前叶）的 β 值变化与主观辣食渴求呈正相关；右顶叶下小叶 β 值的变化与辣食的摄入频率相关（zhou et al., 2019）。一方面，与一般食物渴求研究结果一致，辣食渴求与食物奖励、抑制控制和与视觉加工有关。另一方面，该研究中关于脑岛和顶下小叶

的特异性激活更有助于我们理解辣食渴求者的神经机制。其中，脑岛在监测身体内部状态方面起着重要作用，脑岛激活增强可能反映了辣食渴求者在主观上经历的躯体化和内在感受过程（Sutherland et al., 2012）；顶下小叶是注意网络的核心节点，也与对条件线索的注意偏差有关，并可能导致对线索的自动反应（Claus et al., 2013），表明辣食渴求者对辣食的偏好反应可能反映了对辣食线索的注意分配更多。

此外，采用 go/no-go 任务结合 ERP 技术探讨辣食渴求者的抑制控制，结果发现在辣食线索中，辣食渴求者的 N2b 和 P3 波幅都显著小于非渴求者，N2a 没有差异；而在一般线索中，ERP 成分没有组间差异（王健美等, 2020）。N2a 无差异而 N2b 差异显著可能表明，两组群体对辣食线索的早期认知资源投入相似，但是辣食渴求者对辣食刺激有着更多的注意察觉。辣食渴求者的 P3 波幅更小表明他们对辣食线索的抑制控制能力更差。然而，辣食渴求只对特定食物的抑制控制产生影响，而不会影响一般抑制控制能力。

综上所述，一方面这些探索性发现符合一般食物渴求研究结果（Geilebter et al., 2016），从辣食渴求的角度支持了背侧纹状体、ACC 和脑岛是食物渴求的基础。也与食物渴求的自动行为倾向解释相一致（Brockmeyer et al., 2015），即辣食渴求者对辣食线索的自动行为倾向增强。另一方面，在辣食渴求者抑制控制的结果中也显示出不同于其他物质渴求者的特点。虽然感觉不受控是食物渴求和物质渴求共同的显著特征（Goldstein, 2018），辣食渴求者在辣食线索中也表现出抑制控制能力减弱，但是他们对一般线索没有形成这种不受控的认知神经表现。

4 小结和展望

本文总结了中国文化背景下的限制性饮食和食物渴求的认知神经机制研究。近几年，国内研究者在饮食行为心理机制领域的探讨比较前沿和深入。随着当代中国社会中与节食和暴食有关的健康问题和隐患日益凸显，未来研究需从更全面视角探索限制性饮食和食物渴求的认知神经表现，开发行之有效的干预方案，缓解当前社会中节食、暴食等不健康问题。

第一，国内外研究发现限制性饮食者反而容易吃得更多，即去抑制进食。国内学者在中国文化背景下，拓展了这种反向调节作用认知神经证据。即，基于享受美食-控制体重的目标冲突模型，发现限制性饮食者的冲突控制能力较弱；通过脑成像研究发现限制性饮食者奖赏-抑制相关脑区的改变。未来研究应考察除健康青少年及成人以外的其他群体，如厌食症、暴食症等饮食失调者，尤其是处于重要发展阶段的儿童。

第二，通过区分限制性饮食者的亚型——成功和失败的限制性饮食者，国内学者发现了

节食成功与否的关键在于抑制控制及其相关脑区的变化。因此，根据成功和失败限制性饮食者的认知神经表现差异，未来可以开发并检验更有效的饮食行为干预方案，服务于大众身心健康。

第三，食物渴求者对食物存在自动接近倾向，并对食物的抑制控制能力更弱。食物渴求者的大脑激活与其他物质渴求研究结果具有相似性，但是与其他危害性较强的物质渴求（如，吸烟、饮酒、毒品等）相比，食物渴求的危害性较小。因此，食物渴求和其他物质渴求之间的相似和差异表现有待未来研究进行更具体地识别和区分。

第四，“嗜辣”是中国饮食文化中的特色之一，尤其是西南地区。当前研究表明，辣食渴求者只在辛辣食物中表现出抑制控制能力减弱以及相关脑区的变化，在其他线索中的抑制控制未受损。然而，中国人辣食渴求的研究刚刚兴起，研究结果仍然需要进一步证据的支持。未来有必要开展跨区域和跨文化的研究。

参考文献

王劭睿，陈红. (2019). 为何越减越肥？——限制性饮食者过度进食的心理机制及影响因素，*心理科学进展*, *27*(2), 322–328.

王健美，刘永，周一舟，张露露，尹明，陈红. (2020). 辣食渴求者抑制控制能力的行为和 ERP 研究. *心理科学*, *43*(01), 150–157.

张雪萌，陈红，高笑，江沂芯，周一舟. (2016). 成功与失败限制性饮食者对食物信息加工的能量效应：注意偏向的眼动研究. *心理科学*, *39*(4), 956–963.

周一舟. (2018). “辣食渴求者”线索反应的生理及神经机制. 博士论文，西南大学.

Brockmeyer, T., Hahn, C., Reetz, C., Schmidt, U., & Friederich, H. C. (2015). Approach bias and cue reactivity towards food in people with high versus low levels of food craving. *Appetite*, *95*, 197–202.

Chen, S., Jackson, T., Dong, D., Zhuang, Q., & Chen, H. (2019). Effects of palatable food versus thin figure conflicts on responses of young dieting women. *Frontiers in Psychology, 10*.

Chen, S., Dong, D., Jackson, T., Su, Y., & Chen, H. (2016). Altered frontal inter-hemispheric resting state functional connectivity is associated with bulimic symptoms among restrained eaters. *Neuropsychologia*, *81*, 22–30.

Chen, S., Dong, D., Jackson, T., Zhuang,Q., & Chen, H. (2017). Trait-based food-cravings are encoded by regional homogeneity in the parahippocampal gyrus. *Appetite*, *114*, 155–160.

Chen, S., Jia, Y., Woltering, S. (2018). Neural differences of inhibitory control between adolescents with obesity and their peers, *International Journal of Obesity, 42* (10), 1753.

Claus, E. D., Blaine, S. K., Filbey, F. M., Mayer, A. R., & Hutchison, K. E. (2013). Association between nicotine dependence severity, BOLD response to smoking cues, and functional connectivity. *Neuropsychopharmacology, 38*(12), 2363–2372.

Dong, D., Jackson, T., Wang, Y., & Chen, H. (2015). Spontaneous regional brain activity links restrained eating to later weight gain among young women. *Biological Psychology, 109*,176–183.

Dong, D., Lei, X., Jackson, T., Wang, Y., Su, Y., & Chen, H. (2014). Altered regional homogeneity and efficient response inhibition in restrained eaters. *Neuroscience, 266*, 116–126.

Geliebter, A., Benson, L., Pantazatos, S. P., Hirsch, J., & Carnell, S. (2016). Greater anterior cingulate activation and connectivity in response to visual and auditory high-calorie food cues in binge eating: Preliminary findings. *Appetite, 96*, 195–202.

Goldstein, R. (2018). 9. Cue-induced incubation of craving in human cocaine addiction: Modulation by reappraisal? *Biological Psychiatry, 83*(9), S3–S4.

Hormes, J. M., & Meule, A. (2016). Psychometric properties of the English Food Cravings Questionnaire-Trait-reduced (FCQ-Tr). *Eating Behaviors, 20*, 34–38.

Jones, A., Robinson, E., Duckworth, J., Kersbergen, I., Clarke, N., & Field, M. (2018). The effects of exposure to appetitive cues on inhibitory control: A meta-analytic investigation. *Appetite, 128*, 271–282.

Keller, C., & Siegrist, M. (2014). Successful and unsuccessful restrained eating. Does dispositional self-control matter? *Appetite, 74*, 101–106.

Kober, H., & Boswell, R. G. (2018). Potential psychological & neural mechanisms in binge eating disorder: Implications for treatment. *Clinical Psychology Review, 60*, 32–44.

Kober, H., & Mell, M. M. (2015). Neural mechanisms underlying craving and the regulation of craving. *The Wiley Handbook on the Cognitive Neuroscience of Addiction*, 195–218.

Kong F., Zhang Y., Chen H. (2015). Inhibition ability of food cues between successful and unsuccessful restrained eaters: A two-choice oddball task. *PLos ONE, 10*(4), 741–752.

Liu, Y., Zhang, L., Jackson, T., Wang, J., Yang, R., & Chen, H. (2020). Effects of negative mood state on event-related potentials of restrained eating subgroups during an inhibitory control task. *Behavioural Brain Research*, 112249.

Ludy, M. J., & Mattes, R. D. (2011). The effects of hedonically acceptable red pepper doses on thermogenesis and

appetite. *Physiology & Behavior, 102*(3–4), 251–258.

Lv, J., Qi, L., Yu, C., Yang, L., Guo, Y., Chen, Y., et al. (2015). Consumption of spicy foods and total and cause specific mortality: Population based cohort study. *The British Medical Journal, 351*, h3942.

Ma, Y., Ratnasabapathy, R., & Gardiner, J. (2017). Carbohydrate craving: Not everything is sweet. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 20*(4), 261.

Meule, A., & Hormes, J. M. (2015). Chocolate versions of the Food Cravings Questionnaires. Associations with chocolate exposure-induced salivary flow and ad libitum chocolate consumption. *Appetite, 91*, 256–265.

Meule, A., & Kubler, A. (2014). Double trouble. Trait food craving and impulsivity interactively predict food-cue affected behavioral inhibition. *Appetite, 79*, 174–182.

Noori, H. R., Linan, A. C., & Spanagel, R. (2016). Largely overlapping neuronal substrates of reactivity to drug, gambling, food and sexual cues: A comprehensive meta-analysis. *European Neuropsychopharmacology, 26*(9), 1419–1430.

Pires, L., Leitão, J., Guerrini, C., Simões, M.R. (2014). Event-related brain potentials in the study of inhibition: Cognitive control, source localization and age-related modulations, *Neuropsychological Review, 24* (4), 461–490.

Polivy, J., Herman, C. P., & Mills, J. S. (2020). What is restrained eating and how do we identify it? *Appetite, 155,* 104802.

Qin, N., Yang, F., Li, A., Prifti, E., Chen, Y., Shao, L., et al. (2014). Alterations of the human gut microbiome in liver cirrhosis. *Nature, 513*(7516), 59–64.

Rolls, E. T., & McCabe, C. (2007). Enhanced affective brain representations of chocolate in cravers vs. non-cravers. *European Journal of Neuroscience, 26*(4), 1067–1076.

Song, S., Zhang, Y., Qiu, J., Li, X., & Chen, H. (2019). Brain structures associated with eating behaviors in normal-weight young females. *Neuropsychologia, 133*, 107171.

Stroebe, W., Van Koningsbruggen, G. M., Papies, E. K., & Aarts, H. (2013). Why most dieters fail but some succeed: A goal conflict model of eating behavior. *Psychological Review, 120*(1), 110.

Stopyra, M. A., Simon, J. J., Skunde, M., Walther, S., Bendszus, M.,Herzog, W., & Friederich, H. C. (2019). Altered functional connectivity in binge eating disorder and bulimia nervosa: A resting-state fmri study. *Brain and Behavior,* e01207.

Su, Y., Jackson, T., Wei, D., Qiu , J., & Chen, H.(2017). Regional gray matter volume is associated with restrained eating in healthy Chinese young adults: Evidence from voxel-based morphometry. *Frontiers in Psychology, 8*,

443.

Sun, D., Lv, J., Chen, W., Li, S., Guo, Y., Bian, Z., et al. (2014). Spicy food consumption is associated with adiposity measures among half a million Chinese people: The China kadoorie biobank study. *BMC Public Health, 14*(1), 1293.

Sutherland, M. T., McHugh, M. J., Pariyadath, V., & Stein, E. A. (2012). Resting state functional connectivity in addiction: Lessons learned and a road ahead. *NeuroImage, 62*(4), 2281–2295.

Tepper, B. J., Keller, K. L., & Ullrich, N. V. (2004). *Genetic variation in taste and preferences for bitter and pungent foods: Implications for chronic disease risk* (pp. 60–74). Challenges in Taste Chemistry and Biology.

Wang, Y., Dong, D., Jackson, Jie, Du, Zhou, Yang, Hui, Lu, Chen, H. (2016). Neural correlates of restrained eaters' high susceptibility to food cues: An fMRI study. *Neuroscience Letters. 631*, 56–62.

Weygandt, M., Mai, K., Dommes, E., Ritter, K., Leupelt, V., Spranger, J., & Haynes, J. D. (2015). Impulse control in the dorsolateral prefrontal cortex counteracts post-diet weight regain in obesity. *NeuroImage, 109*, 318-327.

Yao, L., Li, W., Dai, Z., and Dong, C. (2016). Eating behavior associated with gray matter volume alternations: A voxel based morphometry study. *Appetite 96,* 572–579.

Zhang, X., Luo, Y., Liu, Y., Yang, C., & Chen, H. (2019). Lack of conflict during food choice is associated with the failure of restrained eating. *Eating behaviors, 34,* 101309.

Zhang, Y., Wang, S., Wei, L., Jackson, T., Gao, X., Xiao, M. Y., Go, G. L., Chen, H. (2020). Resting state differences between successful and unsuccessful restrained eaters. *Brain Imaging and Behavior,6*.

Zhou, Y., Liu, Y., Du, J., & Chen, H. (2018). Effects of food exposure on food-related inhibitory control in restrained eaters: An ERP study. *Neuroscience Letters, 672*, 130–135.

Zhou, Y., Gao, X., Small, D. M., & Chen, H. (2019). Extreme spicy food cravers displayed increased brain activity in response to pictures of foods containing chili peppers: An fMRI study. *Appetite, 142*, 104379.

Neuro-cognitive mechanism of food craving and restrained eating in

Chinese

CHEN Hong, LIU Xinyuan

(*School of Psychology, Southwest University; Key Laboratory of Cognition and Personality*

(Southwest University), Ministry of Education, Chongqing 400715, China)

Abstract: In modern affluent societies, where palatable foods are readily available, resisting the food craving brought by tempting food clues and keeping restrained eating to maintain a healthy body weight has become one of the challenging propositions. In recent years, in order to identify the reasons for the success of dieting, domestic scholars have created a Chinese Food Image Database to investigate the neuro-cognitive mechanism of restrained eating, and examine the differences of brain mechanism between successful and unsuccessful restrained eaters. In particular, based on the neural correlates of food craving, researches on general food craving and spicy food craving with Chinese characteristics has been carried out. Exploring the neuro-cognitive mechanisms of restrained eating and food craving can not only promote the theoretical developments of eating behavior research, but also provide important support for health interventions such as obesity and eating disorders.

Key words: restrained eating (RE), successful restrained eaters (SREs), unsuccessful restrained eaters (UREs), food craving, spicy craving